

REGULACIÓN EN MERCADOS ENERGÉTICOS: CASO ENERGÍA EÓLICA (1990-2009)

Miguel Ballén Gutiérrez

mballeng@eafit.edu.co

Amalia López Valencia

alopezva@eafit.edu.co

Asesor:

John Jairo García

Escuela de economía y finanzas

Universidad EAFIT

Medellín

2012

Contenido

1. Introducción.....	2
2. Elementos regulatorios.....	3
3. Regulación de mercados energéticos: caso Colombia.....	4
3.1 Marco regulatorio de las Fuentes de Energía No Convencionales para Colombia	5
3.2 Orientación de las políticas que estimulan la implementación de energía Eólica en Colombia, como Fuente Renovable.	8
3.3 Situación actual y proyectos vigentes	9
3.4 ¿Qué podría esperarse para el sector de energía eólica en Colombia?	12
4. Elementos de Regulación según la experiencia internacional: Medidas Regulatorias que favorecen la generación de energía eólica.....	12
4.1 Texas.....	15
4.2 California	16
4.3 España	17
4.4 Dinamarca	18
4.5 Alemania	19
5. Costo de energía eólica comparada con otras tecnologías.....	21
6. Hallazgos y Conclusiones	24
7. Bibliografía	27

Regulación en mercados energéticos: Caso energía Eólica (1990-2009)

1. Introducción

El “boom” de las energías alternativas, se desencadenó según la Comisión Europea (2012), a partir de los años 70, cuando la crisis del petróleo entregó de forma implícita un mensaje a todo el mundo sobre agotamiento de recursos, obligando a emprender la búsqueda de nuevas fuentes de energía. Luego, en los años 80 toma fuerza la iniciativa de desarrollo sostenible cuyo objetivo principal es minimizar el uso de los combustibles fósiles, reducción necesaria al comprender que el consumo excesivo de países desarrollados, originando el problema de calentamiento global, acompañado por consecuencias en la salud de grandes poblaciones. El Protocolo de Kioto, definido bajo la legislación de la Unión Europea, nace como “instrumento jurídico de carácter internacional que busca la lucha contra el cambio climático; por medio de compromisos de países industrializados para reducir sus niveles de emisiones de gases de efecto invernadero” (European Union , 2012).

El potencial energético hoy, se encuentra determinado por la eficiencia alcanzada en el sector y esta a su vez, por la capacidad de emplear fuentes energéticas renovables dentro de su oferta total, en gran medida por que las condiciones de crecimiento y consumo actuales lo exigen. Sin embargo, este requerimiento de mayores incentivos desde la regulación, ya sea con la creación de normas o estímulos para la investigación, implementación de nuevas tecnologías o ejecución de proyectos, que se hacen necesarios desde los entes reguladores y los planes energéticos para poder llegar a la penetración de energías renovables, especialmente la eólica.

Esto hasta el momento no ha sido igual entre países, con ciertos rezagos para los emergentes que hoy carecen aún de un marco que estimule dicho sector. Según un estudio realizado “la voluntad política de considerar eficiencia energética y energías renovables como una opción, sería es una condición previa fundamental” (Altomonte, 2003, pág. 12). Es por esto que el presente trabajo plantea la necesidad de investigar con mayor profundidad sobre, las medidas que han debido asumir en mercados como el de California, Texas, España, Alemania, Dinamarca, para la implementación del servicio con energías renovables y la sostenibilidad de su desarrollo, haciendo énfasis en la eólica, y que pueden servir como punto de partida por ejemplo, para el caso de Colombia.

La necesidad de indagar en el tema, radica en la relevancia de implementar medidas de carácter regulatorio, al momento de incorporar la energía eólica en el sistema de generación en el mercado eléctrico mayorista; y es precisamente, en busca de la

complementariedad, que el siguiente trabajo tiene como objetivo –con base a estudios previos, comprender la importancia de los marcos regulatorios, como determinantes del desarrollo de estas fuentes, considerando los parques eólicos que en diferentes lugares del mundo, se han considerados casos exitosos. Finalmente, se pretende plantear posibles medidas que podrían funcionar en el mercado eléctrico colombiano.

La metodología usada para el desarrollo es un modelo cualitativo, de carácter descriptivo, partiendo de las experiencias internacionales que se convierte en caso de estudio, sobre intervención política para mejorar fallos de mercado y barreras del sector. Como sugieren Altomonte, et al (2004), para alcanzar una perspectiva integradora de lo político, económico, ambiental y social, es necesario entender su desarrollo y sostenibilidad desde las diferencias que enmarcan las subregiones o países, determinadas por su dotación de recursos y estructuras de abastecimiento energético, por un lado; así mismo la institucionalidad y bases para impulsar promoción y penetración de fuentes renovables, de otro lado. Es por esto que muchas veces las pretensiones de un mayor impulso a este sector, convierte las innovaciones tecnológicas y consiguientes transformaciones desde varios ámbitos en consideraciones ambiciosas y amenazantes, pero como menciona Altomonte (2004: Pg 9) “Se encuentra que las barreras específicas para la implementación deberían constituir la base de las políticas públicas a favor de las energías renovables”, por lo que deberían entenderse como un punto de partida y no como límite de los planes e instrumentos gubernamentales.

Seguido a esta parte introductoria, se realiza el análisis de los elementos regulatorios vigentes en Colombia. En la sección tres se exponen los puntos que enmarcan la factibilidad de la energía eólica en el país, y finalmente se realiza una apreciación sobre las experiencias internacionales, y se concluye, planteando los mayores obstáculos para la implementación de subsidios a la energía eólica.

2. Elementos regulatorios

De acuerdo a Laffont & Tirol (1993) la teoría de la regulación o adquisiciones habla de un reflejo sobre el entorno normativo, que no siempre tiene por qué corresponder con la práctica, sino que debe tener coherencia entre empresas y reguladores, así como entre las limitaciones en estructuras de información y los posibles instrumentos. Entendiendo que no en todos los países los estímulos funcionan de la misma forma, debido a que los términos geográficos e institucionales son determinantes importantes en el éxito de los mismos marcos; aunque un país o estado cuente con grandes potenciales para generación de energía eólica, la capacidad instalada y perspectivas de mediano y largo plazo, sobre la misma determinan el fomento y metas

país, planteadas para que se acelere su alcance, pues la falta de incentivos públicos para el uso de energías renovables, junto con “la falta de un esquema regulatorio claro que permita una mayor participación del sector privado en el desarrollo de parques eólicos” determinan la lenta evolución de los mercados (Luengo & Oven, 2009). Aprobación de Subsidios temporales para la generación y establecer metas mínimas de generación a partir de estas fuentes, han sido determinantes en la explicación del éxito de experiencias como la de California y Texas, aseguran estos autores en el estudio realizado para los casos de Estados Unidos y México.

3. Regulación de mercados energéticos: caso Colombia

En Colombia tal como en la mayoría de los países, la eficiencia de distribución y comercialización, así como calidad del abastecimiento energético constituye objetivo base de la política, apuntando a potencializar los recursos con los cuales cuenta el país, con costos razonables y solidez del sector.

Cuando se busca analizar un marco regulatorio en particular, lo más importante para realizar hallazgos que valgan la pena, es que se tenga claridad de cuales son las variables o elementos importantes y con mayor incidencia en el tema, en este caso enmarcar el proceso de sustitución progresiva de fuentes energéticas, tanto en Colombia como en el contexto internacional, ya sea combustibles –buscando disminuir la dependencia del petróleo y su volatilidad, o electricidad –considerando el impacto ambiental, partiendo del potencial nacional en materia de gas natural, hidrográfico, o el inexplorado geotérmico o eólico, caso en el cual se concentra este artículo.

Para economías emergentes como Colombia el panorama no es tan positivo en tema de implementación de estos proyectos, por dificultad en materia legal, limitaciones en disponibilidad de datos, de desempeño y funcionamiento, y cómo un efecto en cadena, retrasa la reacción de la autoridad para establecer una regulación adecuada.

Las iniciativas políticas con enfoque a la creación de incentivos al uso de fuentes renovables, como exención impositiva o deducción en el impuesto a la renta, bajo la responsabilidad de órganos reguladores de carácter privado, y que con estrategias institucionales trabajan día a día para hacer más viables dichas iniciativas, están cohesionados por la inmadurez en la percepción de costos de las tecnologías, a su vez por lo que se mencionó anteriormente sobre los datos disponibles, la perversión sobre precios de mercado y que son ocasionadas por subsidios al sector, la exclusión de externalidades negativas –tanto ambientales, como para la sociedad en general,

ausencia de elementos y bases para estudiar y planear proyectos de transformación adecuada, en términos de inversión y costos, todo apuntando a la necesidad de estos países de mejoras institucionales y en temas de regulación que faciliten la implementación y sostenibilidad de las mismas.

Los elementos teóricos que justifican la existencia de una regulación sobre energía eólica, son claves para solucionar un problema ambiental y de desarrollo; en Colombia la percepción sobre la energía eólica, deja entrever la necesidad de un mayor apoyo por parte del gobierno y autoridades regulatorias, mediante la implementación de planes o mecanismos que estimulen la penetración de estas tecnologías, en el mercado energético, permitiendo la conexión con el SIN, tal como lo plantea la **RESOLUCIÓN 180919 expedida en Junio de 2010, por el Ministerio de Minas y Energía;** y bajo la cual se busca adoptar un “Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE” definiendo objetivos, programas y disposiciones en torno a lo dicho en la Ley 697 de 2001, Decreto reglamentario 3683 de 2003 y el decreto 2501 de 2007, todas de previa existencia. UPME (2010)

3.1 Marco regulatorio de las Fuentes de Energía No Convencionales para Colombia

La existencia de un marco regulatorio para las fuentes energéticas renovables en Colombia, esta marcado por los cambios generados a partir de la entrada en vigencia de la **Ley 697 de 2001**, la cual “Promueve la utilización de energías alternativas; y precisa el alcance de las energías renovables y alternativas, del URE”; así mismo asigna al Ministerio de Minas y Energía, la promoción y adopción de programas que estén alineados con el tema. (UPME, 2010), (Pinilla, 2008).

Es importante considerar la estructuración institucional que tenia hasta principio de los años 90, el sector energético, el cual mediante la Ley 51 de 1989, creó la Comisión Nacional de Energía, encargada de planeación y promoción de estudios de conveniencia sobre el uso de fuentes energéticas no tradicionales; más tarde mediante el Art. 10 del Decreto 2118 de 1992, pasa a ser la CREG encargada de la regulación del sector eléctrico; así como el Decreto 2119 del mismo año, crea Ministerio de Minas y Energía, con la División de Fuentes no Convencionales, que más tarde se convertiría en la UPME. Ese mismo decreto, mediante el Art. 44, creó el Comité de Uso Racional de Energía, asistiendo al INEA y MME, con presencia de diferentes representantes gremiales. (Pinilla, 2008).

Previo a la aprobación de esta Ley mencionada, y con el marco institucional ya expuesto, en Colombia el mercado energético estaba legislado por la **Ley 142 y 143 de 1994**, constituyendo un marco general, “aplicable para actividades de transmisión, distribución y comercialización, regido por la neutralidad tecnológica; acaba con la viabilidad del uso de fuentes renovables, por las tecnologías con las que se cuenta actualmente; sumado a los costos sustancialmente mayores que las fuentes convencionales, tales como agua, gas, diésel y carbón” (Betancur, 2009).

A partir de lo anterior, se puede deducir que más allá de limitar el desarrollo del sector se limita en que al momento que responsabiliza este organismo, por la definición de criterios, no es enfático en la necesidad de dar un tratamiento especial a este tipo de fuentes energéticas; así mismo ocurre con la Ley 142 de 1994, la cual asigna a la Comisión para la Regulación de Energía y Gas, la función de crear un marco regulatorio para la energía Eólica. El problema de estas leyes, estuvo entonces, en que mediante los artículos 2 y 16 de la Ley 143, se asignó al Ministerio de Minas y Energía, así como a la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la definición de criterios y evaluación de conveniencia para el país, de estos desarrollos de estos procesos.

Hacia mediados de los 90, la ausencia de regulación que representara estímulos para generación y transmisión energética era escasa, hasta antes de 1994, en Colombia no existían incentivos de carácter económico, que fueran establecidos mediante alguna Ley y con menor razón, dirigidos a las FNCE, todo se limitaba a enunciar; sin embargo en 1995 se adoptó la Ley 223, la cual dio acogida a los incentivos para inversiones del sector energético, en fuentes renovables –tales como exención de impuesto de renta para las inversiones tecnológicas, para generación energética Eólica; así mismo la eliminación del IVA para los equipos y maquinarias involucrados en estos procesos de inversión.

Adicionalmente, mencionan Rodríguez y Pinilla –en sus respectivos trabajos, que el Estatuto Tributario Colombiano, establece en su **Art. 158-2** deducción anual de la renta, del valor de las inversiones realizadas durante ese año, para las personas jurídicas que inviertan en tecnologías de control y desarrollos con impactos de mejoramiento en el medio ambiente; se encuentra en segundo lugar el **Art. 207-2** declara que son “rentas exentas de impuesto” de empresas generadoras, a partir de fuentes como la eólica, biomasa o residual, con término de extensión a 15 años; y por último, los **Art. 424-5 y 428** declaran la exclusión de impuesto para ciertos bienes

Solo unos años más tarde, Colombia se acogió a lo estipulado bajo el Protocolo de Kyoto, entrando en vigencia, entonces en el año 2000 la **Ley 629**¹ la cual “fija compromisos respecto a la investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía y el fomento de la eficiencia energética [...] Declarando el URE un asunto de interés publico y PROURE, como la entidad oficialmente responsable de estos temas”, aunque esto constituye una generalidad, puesto que en los marcos normativos desarrollados para impulsar la generación de energía eléctrica, no están incluidos este tipo de políticas que promueven el uso de fuentes, tales como la Eólica, ni tampoco planteo introducción de incentivos para el mercado energético de estas fuentes, se limitó a resaltar el carácter de importancia que tiene para Colombia el uso de estas nuevas opciones energéticas.

Tras la suscripción de Colombia al protocolo de Kioto, entre los años 1998 y 2000, el tema ambiental tomo quizá mayor fuerza, con lo que en al año siguiente mediante La Ley 788 de 2002 se estableció eximir de impuesto a la renta, las empresas que realizaran ventas a partir de fuentes energéticas renovables, durante un periodo de 15 años, siempre que estas obtuvieran Certificados de reducción de emisiones de carbono”, y con los ingresos generados para estos empresarios, se estimulaba el beneficio social, al destinar 50% de dichos ingresos a este fin.

La Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE mediante el **Decreto Reglamentario 3683/ 2003** establece lineamientos de convocatoria para temas relacionados con el URE; sin embargo *continuo siendo en vano para la energía eólica, debido a que en él no hubo planteamientos precisos respecto del uso de fuentes no convencionales*. Cabe resaltar en este punto –y por su crucial importancia en la realidad del país en la implementación de energía eólica, que en el Art. 12, del mismo decreto, se plantea la introducción de proyectos piloto en Zonas No Interconectadas, ZNI, insertando una dependencia de CIURE, el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas, FAZNI, encargado de recibir propuestas de planes y proyectos que promovieran el desarrollo tecnológico de energías no convencionales, en las ZNI por parte de COLCIENCIAS.

¹ Para acceder a los *Decretos reglamentarios de la Ley 697 de 2001*, de mayor relevancia, búsquese en el “Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)”. Para, UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Por, consorcio energético CORPOEMA. Bogotá, Septiembre 06 de 2010 (Pag. 52)

3.2 Orientación de las políticas que estimulan la implementación de energía Eólica en Colombia, como Fuente Renovable.

Diferentes estudios realizados en los últimos años, sobre regulación de mercados energéticos, han hecho énfasis en la importancia de la información, para establecer bases de planes que estimulen el uso de fuentes energéticas renovables, y que se hace más fácil si se contextualiza por tipo de energía, identificando potencial de recursos, teniendo claridad para plantear metas, y proyectar capacidad de penetración –a su vez dependiente de beneficios para el país en términos de desarrollo.

Es por eso que en esta parte del trabajo, cobra vital importancia hacer una exposición clara, de las condiciones que enmarcan la realidad del sector energético, siendo mas enfático en el la implementación de fuente no convencionales, la cual según la CREG – en su Agenda del año 2010, se propuso hacer una revisión detallada sobre la metodología de cálculo de la energía firme, generada a partir de plantas no convencionales, otorgando una prioridad de 3° grado, puesto que las observaciones y análisis realizados en los años inmediatamente anteriores aseguraron que la regulación vigente en Colombia, no facilita la entrada a participar en el mercado, de las fuentes no convencionales de energía, y que le atribuyen este fenómeno, principalmente a que *la asignación está alineada con dos principios importantes, por un lado esta el de costo mínimo*, lo que dificulta –al menos en un corto plazo, que esto “...se implemente en los portafolios estándar, con tarifas garantizadas o mecanismos licitatorios”; por otro lado, se encuentra el *principio de cargo por confiabilidad en la generación*, haciendo más compleja la realidad de energías dependientes de ciclos ambientales naturales, como la eólica o solar y contrario a lo que sucede con la geotérmica o biomasa, que se consideran como fuentes que aportan firmeza al sistema eléctrico nacional.

Las metas del **Plan de Acción Indicativo 2010-2015**, son ambiciosas, al proyectar participación de FNCE de 3.5% a 2015 y 6.5% a 2020 en el SIN, pero su generalidad no favorece la energía eólica; sumado a metas de generación en ZIN del 20 y 30%, para 2015 y 2020, respectivamente, proyectando una participación del 12% para la energía eólica, junto con la biomasa, solar y centrales hidroeléctricas menores. Considerando que en 2008, la participación de FNCE era de 192.4 MW, equivalentes al 1.4% del total instalado de 13.400 MW, con 19.5 MW por generación eólica.

Este enjuiciamiento se basa en las desventajas, legislativas de los mercados. Apoyado además por la política energética actual, que se enmarca en el **Plan Visión Colombia 2019, Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 y Plan Energético Nacional 2006 –**

2025, además del **PEN 2010 – 2030**². Este último plan formula entre sus objetivos más importantes “maximizar la contribución del sector energético con la sustentabilidad macroeconómica, a la competitividad y desarrollo del país, contribuyendo al desarrollo de lineamientos de tendencia mundial, así como la adecuación de un marco institucional para la política energética nacional –vigente, estableciendo una relación del potencial de **la energía eólica**, solar, de PCH (menores de 10 MW), biomasa y otras (mares, geotérmica y nuclear)”, esto buscando qué posibilidades existen para la fijación de un cargo, proporcional a la disponibilidad por tipo de fuente; “considerando estos de **alta prioridad** para inventarios de recursos hídricos y sus respectivos estudios de factibilidad a fin de que la UPME sea propietaria de estos proyectos”, subdividiendo estos entre los menores de **10 MW y** otra categoría entre **10 y 100 MW**.

3.3 Situación actual y proyectos vigentes

Enmarcando el desarrollo de la energía eólica en Colombia, en un contexto histórico es importante conocer que el primer **molino de viento** fue instalado a mediados del siglo XX, durante la presidencia Rojas Pinilla –años 50’s, con casi 700 equipos en el departamento de la Guajira; estos contaban con las características típicas de una granja norte americana, “un sistema multi-pala, bomba mecánica y capacidad de extracción del orden de 4 m³/hr con vientos de 9 m/s (32 km/h) y elevación total de bombeo de 40 m con rotor de 5 m de diámetro, normalmente eran marca Chicago o Dempster”. “Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)”. Para, UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Por, consorcio energético CORPOEMA. Bogotá, Septiembre 06 de 2010

El programa PESENCA desarrolló realizó mediciones de velocidad de viento en Cabo de la Vela en 1988, distante 18 km al occidente del lugar actual de parque eólico (Rodríguez, 1989). A partir de este consideró, este lugar y sus proximidades como favorables en oferta de un régimen de velocidades, que permitirían desarrollar un parque eólico.

Al igual que los principales países de Latinoamérica, Colombia ha emprendido su búsqueda por mejoras en esta materia, apuntando al crecimiento de la participación de fuentes renovables, como se observa desde 1999 cuando con un estudio de viabilidad técnica, económica y ambiental, con el fin de desarrollar nuevas tecnologías de generación para el país (EE.PP.M., 2004 b) y que hacía el año 2000 tuvo apoyo del

² Para conocer ampliamente los objetivos, establecidos para cada uno de estos planes, puede visitar “Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)”. Para, UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Por, consorcio energético CORPOEMA. Bogotá, Septiembre 06 de 2010 (pág. 54-55)

programa **TERNA –Technical Expertise for Renewable Energy Application- del Gobierno Alemán** para el fomento de la energía eólica, y que se materializa en el año 2004, cuando realizo la instalación de su primer parque eólico, ubicado en las proximidades de Puerto Bolívar –cabo de la vela, Departamento de La Guajira y al cual se le dio el nombre de **Jepirachi** con un potencial –en términos nominales de 1.35 MW, que en total alcanzan los 19.5 MW y un costo total de la inversión de US \$27.8 miles. Fue requerido consultar con la Dirección General de Asuntos Indígenas del Ministerio del Interior –Indígenas Wayuu, para analizar impacto sobre la comunidad al introducir modelos conceptuales y medidas de mitigación³.

Adicional a lo anterior, el proyecto contó con la construcción de una sub-estación con capacidad de transformación de 25 MVA, en la cual se recibe la energía generada de 13.8 KW a nivel de tensión y la transforma a 110 KW, para luego inyectarse al sistema de transmisión y al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Asegura Pinilla, A (2009) que hacía 2006 –dos años después de la instalación, el aporte de las operaciones de Jepirachi, a la **REN⁴** fue de 120 GWh, por favorabilidad de los vientos -alisios en dirección Este-Oeste y poca intensidad de turbulencias, con velocidades que en promedio se consideran altas la mayor parte del año, reduciendo vibraciones sobre los equipos. Aunque no logro el objetivo inicial de generación, con participación de solo 0.1%, en la Oferta Total Nacional de Energía Eléctrica, de carácter “**insignificante**”, sin desconocer lo que representa en términos de desarrollo sobretodo porque las ZNI, por su baja densidad poblacional, subsidios del Estado para poder acceder al servicio de electricidad, razón por la que el gobierno ha enfatizado en su buscar asignación de estas concesiones.

Sin embargo la UPME (2010) –MME asegura, que la energía inyectada a la red el primer año de generación, alcanzó un factor de carga entre el 29% y 36.9% entre 2005 y 2006, con un promedio sobre hasta 2009 de 32.3%. Así mismo en sus informes, la UPME, estima que la reducción de emisiones del parque, hacía 2020, será de **1.168 MtCO₂** evitadas, con un promedio anual de **58 ktCO₂/año⁵**.

Cabe resaltar proyectos adicionales, como el del **Sistema híbrido de Nazaret;** Comunidad ubicada en zona alta de la Guajira y que ha adquirido reconocimiento por el alto potencial Eólico y Solar de la misma. Actualmente, cuentan con un sistema de

³ Para conocer ampliamente los focos de atención del Plan puede visitar “Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)”. Para, UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Por, consorcio energético CORPOEMA. Bogotá, Septiembre 06 de 2010 (pág. 180)

⁴ Red Interconectada Nacional

⁵ Esta reducción de emisiones se estimó sobre la base de una generación anual de 68.320.000 kWh, lo que implicaba un Factor de carga de 40%, (*Prototype Carbon Fund, 2003*), cifra que no se ha alcanzado durante ninguno de los años de operación.

generación híbrido, con **capacidad instalada Total 725 kW**, de los cuales se deben diferenciar *350 KW producidos por adecuaciones del sistema, así: Eólica con 200 kW, más 350 KW por adición de una unidad a GLP-* hasta entonces su sistema generacional disponible, estaba compuesto por Dos generadores tipo Diesel, por lo que se podría asignar el calificativo de “importante” a la adición de **Dos Aerogeneradores**, cada uno con una capacidad nominal de 100 KW, más un generador adicional de 150 KW a GLP⁶.

Generadores como Electro-Wayúu E.S.P e ISAGEN, y EE.PP.M han manifestado disposición para incursionar en proyectos, en la región de mayor potencial, con aproximadamente 200 MW adicionales, proponiendo construcción próxima a Jepirachi. “En 2010 se notifico haber otorgado a ISAGEN S.A. E.S.P. y WAYUU S.A. E.S.P., licencia Ambiental para la construcción y operación del **Parque Eólico Jouktai**, corregimiento Cabo de la Vela – municipio de Uribí [...] proyecto en fase final de estudios, con capacidad inicial prevista es de 31,5 MW; y costos aproximados de U\$D 60.000.000.” (ISAGEN, 2010)

Entre las iniciativas privadas de capacidad menor o igual a 5 KW, **Isla Fuerte**, Córdoba, es otro caso, que en 2008 se embarcó en el proyecto, de un sistema Híbrido Solar Fotovoltaico –con disponibilidad de 4*200 WP, y participación Eólica con apenas 2 KW (UPME, 2010). De acuerdo con LAWEA en su informe (2009- 2010) ha hablado de un parque eólico en **San Andrés Isla**, plantea una problemática por incremento de la demanda energética causado por la densidad poblacional –aproximándose a los 158 GWh /año, considerando la capacidad de su única central eléctrica, que con generadores tipo Diesel provee el servicio de 55 MW para lo que se requiere un insumo de cerca de 40 millones litros de diesel; mientras **Santa Catalina – Providencia**, con una central cuya capacidad es de 3,1 MW, tiene una problemática contraria, y es su baja densidad poblacional, lo que se traduce en una demanda de apenas 7,9 GWh /año, equivalente a menos de 2 millones de litros de Diesel.; y dos más, con capacidad esperada de 20 MW (Ministerio de Minas y Energía, 2005). Soportados en los estudios previos, que determinan viabilidad para estos proyectos en la Isla, se concluye que hay favorabilidad para la penetración de energía eólica, con carácter complementario para San Andrés, haciendo interesante la alternativa de combinar el gas natural y los motores diesel; mientras que Providencia, tiene una viabilidad más absolutista, pues con una sola turbina, podría cubrirse incluso toda la demanda energética.

6 GLP, por sus letras iniciales “Gases Licuados del Petróleo”

3.4 ¿Qué podría esperarse para el sector de energía eólica en Colombia?

La evolución observada ha sido significativa, incrementando expectativas en términos del potencial para sustitución por energía eólica. Diversos proyectos piloto, empleando tecnologías para muchos lugares de la Costa Atlántica, propiciando el desarrollo de generadores de energía renovable. **Pesenca**⁷, fue el proyecto, instaló un centro de pruebas donde hizo mediciones de eficiencia –en *Turipaná, Montería* utilizando modernos equipos –anemómetros calibrados y data loggers; (UPME, 2010) Por medio de **coeficientes de Weibull**⁸, determinó un régimen mensual de viento simulando la función de aerogeneradores⁹.

Como conclusión después de varias mediciones, se determinó que La Guajira y de forma descendiente a lo largo del litoral hacía Cartagena, era donde mejor potencial eólico se observaba, consideraciones para una altura de 10 mts. Y sin completar las series anuales, termino propiciando la instalación del **Parque Eólico de Jepírachí**, en 2004; así mismo, **GTZ** y el **ICA**, hallaron condiciones propicias en **San Andrés**, como ya se había mencionado y donde el potencial puede ser el doble, si se quisieran extender hacía la playa o el mar con proyectos **Off-Shore**; y a una altura de 60 - 100 mtr./ superficie, para zonas aisladas de **Cúcuta, Valledupar**, alrededores de **Villa de Leyva, Cúcuta, Santander, Risaralda, Valle del Cauca, el Huila y Boyacá**.

4. Elementos de Regulación según la experiencia internacional: Medidas Regulatorias que favorecen la generación de energía eólica

La energía del aire, ha tenido crecimiento importante en el mundo –aunque a 2009, la totalidad de equipos eólicos instalados y en operación, solo suministraban 1% del consumo total de energía eléctrica global, sustitución equivalente a una reducción del 4% en emisiones de gases (Pinilla, A. 2009). En la experiencia Latinoamericana y Europea, el tema regulatorio ha ido de la mano con las posibilidades de su expansión, incentivos, entre los cuales se encuentran primas mínimas, beneficios tarifarios, subvenciones para la inversión y subastas para dichos proyectos que se realice, además de un sistema de cuotas, que favorecen las posibilidades del mercado.

⁷ En la década de los 80, **La Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ Alemania)** realizó el programa **Especial de Energía de la Costa Atlántica**, apoyado por el **ICA** y la **CORELCA**.

⁸ Para ampliar la información sobre los **coeficientes de Weibull**, determinados para 42 estaciones y considerando las clases de vientos: visite Atlas de viento y de energía eólica en Colombia – MME <http://www.upme.gov.co/Docs/MapaViento> [Tabla Anexa, Pagina 175]

⁹ La extrapolación de velocidades y potencia a elevaciones mayores se realizó con la ley de potencia. El estudio se limitó a las estaciones pero no produjo un mapa de energía eólica.

Entre los casos de mayor éxito, por el impacto que causaron dichas medidas se encuentran Alemania, Dinamarca y España, sin olvidar a Estados Unidos –con la experiencia de California y Texas, así como India y China, para el que hoy constituye una fuente muy importante por la participación que ha alcanzado dentro de su cesta energética; Un elemento común entre estos es quizá, el empleo de **primas o tarifas mínimas**, garantizando la remuneración de la inversión y costos de operación en lo que se incurre.

Por otro lado se encuentran Inglaterra, Italia, Holanda, Finlandia, Grecia, Luxemburgo, Portugal, Irlanda y Francia, aunque en menor medida, recurrieron a un **Sistema de cuotas** –donde las distribuidoras del servicio energético, están obligadas a comprar un porcentaje de la energía generada en plantas de este tipo, y **las Subvenciones** – consiste en absolver o eximir de cargas tributarias las inversiones en maquinaria y equipos necesarios; los dos últimos casos, han usado las **Subastas**, para seleccionar los proyectos de generación eólica.

Por su parte América Latina y el Caribe en el 2008, contaban con una capacidad de 652 MW, que alcanzó los 1.254 MW, con la participación de Brasil –que es el principal encargado de dicho impulso, y México, Chile, Nicaragua y Costa Rica en menor medida (Global Wind 2009 Report, 2009 en UPME 2010, Pág. 169). El liderazgo de Brasil, fue impulsado por el Programa de Incentivo: “às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa)” que desde el año 2004, busca aumentar la participación de energías alternativas en su Red Interconectada, entre las cuales participa la eólica.

Según REN-21 Entre las Fuentes Renovables, que conocemos hasta hoy, la de mayor crecimiento ha sido la Eólica, con importantes avances en términos de capacidad instalada, pues ha pasado de **10 GW en 1996 a 158 GW en 2009** capacidad instalada total mundial, y un cambio porcentual aproximado al 48% frente a 2008, considerando participación de Estados Unidos, China, Alemania, España e India (REN 21 Secretariat, 2010). Es importante resaltar los avances en términos de instalación “**off-shore**” adicionando 0.64 GW en 2009, un total acumulado de 2 GW, instalados en los 10 países de mayor capacidad instalada.

A continuación se plantea un panorama – general- de los casos de estudio más representativos, en cuanto a establecimiento de marcos normativos, mediante estímulos e incentivos para la generación de energía eólica.

Se observa, por ejemplo, en la experiencia de **Estados Unidos** que cuenta con dos sistemas de incentivos a la generación efectiva que ha logrado que la capacidad eólica

crezca a un ritmo sin precedentes (Cuadro 1). Estos incentivos son el *Production Tax Credit* (PTC) siendo el principal motor de desarrollo de la energía renovable en este país, junto con el *Investment Tax Credit* (ITC) el cual es una opción alterna al PTC.

Cuadro 1. Evolución de la Capacidad Instalada en Estados Unidos

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MW	2,578	4,275	4,685	6,372	6,725	9,149	11,575	16,824	25,237	35,159	40,180

Fuente: GWEC 2012

No obstante, la industria eólica americana como el Global Wind Energy Council lo indica, se ha caracterizado por presentar muchos altibajos, y es causa del descuido, ya que han dejado vencer en varias ocasiones el PTC como por ejemplo en 2009, lo que impactó directamente el desarrollo durante ese año haciendo que la generación fuera de 5.000 MW, cuando en 2008 había alcanzado un crecimiento en su nivel de 10,000 MW. Más tarde, ese mismo año, el PTC fue renovado, abriendo la industria a nuevos proyectos (Global Wind Energy council, 2012).

De acuerdo con AWEA (2012) la industria eólica estadounidense busca políticas fiscales de largo plazo, que duren más que unos cuantos años, para que provean consistencia y seguridad en el mercado. El Production Tax Credit “PTC” (el incentivo financiero básico para la energía eólica desde 1992) ha llegado a ser extendido máximo en 1 o 2 años de intervalo, he incluso se ha permitido su vencimiento. Este crédito es una herramienta eficaz para mantener las tarifas eléctricas bajas y fomentar el desarrollo de las energías renovables. Es gracias a este que la energía eólica ha sido capaz de reducir su costo en más de un 90% y de proporcionar electricidad a más de 12 millones de hogares.

Actualmente el PTC provee un impuesto sobre la renta de 2.2 centavos/KWh por la producción de electricidad a partir de turbinas eólicas de escala comercial. El PTC expirará en diciembre 31 de 2012. AWEA junto con otros cientos de compañías y organizaciones están pidiendo al congreso tomar acción inmediata para extender la fecha de vencimiento. La sostenibilidad en el largo plazo para estas políticas, es relevante pues la planeación y construcción de parques eólicos requiere de 18 meses, de estabilidad.

En el Mercado Estadounidense, sobresalen *dos escenarios de gran relevancia por el desarrollo alcanzado*, alentado en gran parte por la legislación implementada en dichos estados, como se puede evidenciar en cada de uno de los estados mencionados a continuación, convirtiéndose no solo en líderes de mercado en su país, sino a nivel mundial.

4.1 Texas

Texas es uno de los estados que tomó partida de los *Federal Tax Credits*, y siguiendo el ejemplo de California, alcanzó estatus de líder en energía eólica, gracias al direccionamiento de la industria hacia la diversificación del portafolio energético. Implementando los RPS –o *Renewable Portafolio Standard*- mediante lo que asegura el reconocimiento de los beneficios públicos de la energía renovable, para hacer más competitivos los mercados energéticos, demandando compañías que venden energía a los mayoristas, que den soporte a la generación de energía renovable; la efectividad de la medida se convirtió en modelo, debido al rápido crecimiento que alcanzó energía eólica de Texas (SECO, 2007).

A nivel estatal, el dinamismo de los últimos años ha situado a Texas como líder de la industria con casi un 30% de la potencia eólica instalada en EE.UU (Luengo & Oven, 2009). El RPS se produjo por primera vez como parte de la reestructuración legislativa de 1999- *Senate Bill 7*, estipulando participación de cierta cantidad de energía renovable, entre las que incluyó: Solar, Eólica, Geotérmica, Hidroeléctrica, Biomasas y Gas; a lo que La Comisión de Servicios Públicos de Texas, respondió con la implementación. El RPS, estipuló que los proveedores de electricidad de forma colectiva –Competencia mayorista, Utilidades municipales y cooperativas eléctricas, debían generar 2000 MW adicionales a 2009; sin embargo en 2005, la legislación de Texas, incrementó el mandato de energía renovable total –con proyecciones o metas de 5880 MW para 2015 y un objetivo, de más largo plazo, que espera alcanzar los 10.000 MW para 2025. Siendo así, cada proveedor deberá obtener capacidad basada en sus acciones en el Mercado de ventas energéticas; así, un mayorista competitivo con 10% del mercado mayorista de Texas, debe conseguir para 2009, capacidad instalada para 200 MW de energía renovable. Se estima que después de la entrada en vigencia del RPS, las empresas de la industria eólica, invirtieron hasta U\$D 1.000 Millones; mostrando un éxito tal que desde su creación ha alcanzado elevar cuatro veces la industria, principalmente por los precios competitivos, incentivos fiscales Federales y recursos del estado asignados a energía eólica, para hacer sostenible su competitividad con carbón y plantas de gas.

Otro tipo de políticas, implementada allí fueron los *Créditos de Energía Renovable* – REC, previstos dentro del programa de RPS y de continuidad hasta 2019. Esto busca dar flexibilidad al desarrollo de proyectos, así como el cumplimiento de sus objetivos, con permisos de compra o intercambio de REC, los cuales representan 1 MWh de energía renovable generado y distribuido en Texas.

Una tercera política que promovió la construcción de proyectos eólicos, fueron los *Requisitos para Energías Renovables No- eólica*, promoviendo menores precios, mediante la competitividad de costes actuales de la energía eólica, principalmente por el bajo costo del viento. Entre las barreras encontradas en el caso de Texas, se destacan las dificultades en la transmisión, por lo que dentro de los objetivos del RPS, la comisión de servicios públicos de Texas, incluye un plan de transmisiones a regiones remotas.

4.2 California

Como parte *National Energy Act* (NEA) de 1978, Estados Unidos desarrolló el *Public Utility Regulatory Policies Act*, motivado por movimientos progresistas de California, que buscaban facilitar la comercialización de tecnologías para el sector energético. Los dos ítems adicionados mediante el NEA, fueron los ITC con 40% para energía eólica y solar y un 10% para negocios de inversión en las mismas; y por otro lado, beneficios de recuperación de la depreciación a 5 años; tomando ventaja de ello implementó los *Standard offer Contract*, para estandarizar términos y condiciones de los contratos (Mallon, 2006).

Como un importante generador de energías renovables se estableció el ISO4- *Interim Standard Offer N°4*, con precios fijados los 10 primeros años con base en proyecciones de precio del petróleo para lo que se esperaba aumentos, para contratos a 30 años con lo que buscaban dar certeza a las inversiones de largo plazo, de posibilidades de financiación en proyectos de uso intensivo de capital.

Como menciona Mallon (2006) en su libro, la sumatoria de medidas regulatorias Federales y los incentivos de estado, llevaron a California a obtener la mayor capacidad instalada del mundo. En 1980 California tenía un total acumulado de 100 MW, pasando a 1.039 MW en 1985; en 1990 alcanzó los 1.700 MW en proyectos de Energía eólica.

Las proyecciones realizadas sobre el precio del petróleo hacia 1985, no fueron acertadas por lo que ISO4 no duró mucho, llevando a la Comisión de Servicios Públicos de California (CPUC) a suspenderlos; efectivamente sirvieron como canal de comercialización, y llevaron el estado a liderar la industria a nivel mundial.

La falta de continuidad de los *Federal Taxes Incentives* para energía eólica, se extendió al resto del país, causando estancamiento a la industria manufacturera de turbinas de viento, salieron del negocio, arrojando la producción a menos de 500 MW; pocos estados siguieron el ejemplo de California con los Tax Credits y tratamiento especial

en materia regulatoria, unificando estos para desarrollo de todas las energías renovables.

4.3 España

Así mismo, un caso de estudio interesante y de gran relevancia dentro del contexto mundial de las energías renovables, es el de España, quien según Global Wind Energy council (2012), se encuentra posicionado como el segundo país de mayor capacidad eólica instalada en Europa por debajo de Alemania, gracias a sus ambiciosas metas para el año 2020, de convertir la energía eólica en la fuente tecnológica más importante (como lo muestra el plan NREAP, 2010). Además de que ha crecido considerablemente durante los últimos 10 años, gracias al sistema de *Feed-in tariff*, en el cual los productores pueden escoger dos tipos de primas: Una consiste en un precio por cada KWh producido por energía eólica y la otra un precio extra sobre el precio de mercado. Sin embargo, aunque ha habido esta gran evolución en la capacidad instalada, la meta del año 2020 se ha visto muy perjudicada debido a la crisis reciente, que ha obligado al país a reducir sus incentivos (Global Wind Energy Council, 2012).

Cuadro 2. Evolución de la Capacidad Instalada en España

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MW	2,235	3,337	4,825	6,203	8,263	10,027	11,623	15,145	16,689	19,160	20,623

Fuente: GWEC 2012

Es importante resaltar el caso español dentro del análisis de marcos regulatorios propicios para el crecimiento y desarrollo del sector debido al “éxito” que han tenido en este país, a pesar de presentar aún múltiples fallas a nivel legislativo, sea por la continuidad, cobertura o exigencias en términos financieros; y si España busca convertir estos campos eólicos en un pilar de su estructura energética – que como ya se mencionó hace parte de lo pactado en el *Protocolo de Kyoto*-, deberá trabajar en ello, evitando que se ralentice el proceso de crecimiento que se ha observado y que ha llevado la energía eólica a convertirse en la fuente renovable de mayor participación en el régimen especial de producción, compitiendo con energía nuclear, carbón e hidráulica y biomasa- aunque en una muy baja proporción (López, 2009).

López (2009), resalta en su trabajo la relevancia en el caso Español, que tiene el trabajo conjunto el gobierno, los implicados en la industria del sector eólico y operadores del sistema eléctrico creando escenarios propicios para la penetración de energías renovables, determinado de forma importante por “las conexiones transfronterizas entre mercados de similar magnitud o complementarios, como

sucede en el caso de Dinamarca con Alemania y mercados nórdicos; así como la realización del mercado interior de electricidad con suficientes redes transfronterizas entre las que se destaca la necesidad de una mayor conexión entre Francia y España”, y que han impulsado el mercado de este país a situarse en la primera línea de la vanguardia internacional.

Existen múltiples trabajos y publicaciones para España que intentan analizar la relación causal entre marcos regulatorios y la creación de un entorno propicio para la evolución positiva del sector energético; esto a partir del alcance o cumplimiento de los objetivos propuestos en los Planes de desarrollo o revisión de los mismos, y que permiten indagar en los factores potenciales que se encuentran sin ser explotados, la favorabilidad de normativas y planificación de gobiernos, el interés de sectores con mayor madurez sobre el tema, capacidad nacional de fabricar tecnologías necesarias para el proceso, entre otras.

Como dice López (2009) en su trabajo realizado para la universidad del Norte, en el caso Español, “las principales barreras están representadas por la insuficiencia de infraestructura para evacuación, con envejecimiento de los parque instalados y poco conocimiento del potencial marino, y gestión de producción eléctrica de origen eólica –con limitaciones desde la red, incurriendo en altos riesgos ante una falla, que equivaldría a una desconexión múltiple nacional”. En su trabajo se presentan importantes hallazgos en cuanto a barreras desde la parte regulatoria, como la “falta de armonía o coordinación entre regiones, una normativa de conexión a red y condiciones de operación obsoleta (Orden Ministerial 5/9/1985), gran limitación en el Real Decreto 436/2004 de las primas y tarifas en 2008 (hasta los 13.000 MW de potencia instalada), así como falta de una regulación específica para los parques eólicos marinos”.

4.4 Dinamarca

Dinamarca enmarca la definición de sostenibilidad, en la industria eólica convirtiéndose en el mayor productor –manufacturero de turbinas de viento, en gran parte se debió al soporte que ha brindado el gobierno para el desarrollo de nuevas tecnologías, según (Guey-Lee, L. 1998) entre los años 1966 y 1976, la inversión total realizada por el gobierno –para investigación y desarrollo, se aproxima a los USD \$52 Millones.

Según diferentes autores, en 1979 Dinamarca ya hablaba de establecer incentivos tanto para inversión en tecnologías, como para comenzar a producir energía a partir del viento. Según (DEA, 1999), el país tuvo un acercamiento temprano creando un

subsidio para la instalación de equipos generadores, por el cual el gobierno otorgaba 30% del Costo Total del proyecto a las turbinas eólicas. Sin embargo, mientras la industria adquirió madurez, y los precios de las turbinas generadores, disminuían de forma simultánea, este incentivo se hizo menor, hasta que finalmente en 1989 desapareció.

Es importante tener en cuenta que en su momento fue exitoso, dado que aproximadamente 2.567 “turbinas Aero-generadoras”, fueron instaladas recibiendo el beneficio de dicho subsidio, lo que equivale a un total de DKK \$275.72 Millones – Coronas Danesas, en aquella época. Desde entonces el país ha proporcionado diferentes tipos de subsidios a la producción, en 1999 por ejemplo, ofrecieron el beneficio de subsidiar DKK 0.27/KWh generado a partir de fuente eólica, otorgado a propietarios de las inversiones en turbinas eólicas.

Vale la pena resaltar una ley que tuvo un impacto importante, la “**Ley Wind Mill**”, la cual obliga a las compañías eléctricas –distribuidoras o comercializadoras, a comprar la producción de los propietarios privados de turbinas Eólicas, por un 85% del precio al consumidor, sumado a un **Eco-Tax** – que consiste en compras sobre los 9 centavos de dólar por kilovatio-hora; luego son las centrales eléctricas las que reciben 1,5 centavos de dólar por el subsidio a la producción de energía generada por el viento (DEA, 1999).

4.5 Alemania

Otro caso de especial importancia, es el caso de Alemania, que presenta una política ambiental renovadora, considerándola un pilar fundamental para su economía, al ser fuente de crecimiento económico, innovación industrial y medio de conservación ambiental, en la medida en que se haga un trabajo fuerte sobre la reducción de gases de efecto invernadero.

Entre sus principales objetivos cuentan la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a un 40% en 2020, una participación del 18% de las energías renovables sobre el consumo total de energía y el 30% de la generación eléctrica, así como incrementos en la eficiencia energética. Según el Global Wind Energy Council, Alemania lideraba el mercado en este tipo de energía con una capacidad instalada de 27.214 MW a 2010, año en el que adicionó 1.493 MW entre los que se incluyen 108 MW de producción *Off-Shore*; esto se tradujo en los 37.3 TWh de electricidad, equivalente a un 6.2% del poder de consumo del país. Pero a pesar de los resultados del mercado dicho año, la Asociación Alemana de Energía eólica (BWE) el país podría

alcanzar los 45.000 MW *On-shore* y 10.000 MW *Off-shore* hacia 2020, entregando el 25% del total del consumo eléctrico. Cabe resaltar que el importante cambio puede ser debido a que en 2009, el sector se vio afectado por la crisis financiera del año inmediatamente anterior, dejando como resultado mucha inseguridad entre los inversionistas, debido a las decisiones del gobierno de extender el tiempo de vida de las plantas de energía nuclear (Global Wind Energy Council, 2012).

Entre las medidas regulatorias implementadas en Alemania que se deben resaltar están las *Feed-in-tariff* o sistema de primas, que se convierten en el mayor estímulo a la industria, adaptándose a las condiciones actuales del mercado, así como nuevos desarrollos tecnológicos, con cada kWh producido y prioridades sobre el acceso a poder de renovación, que inicialmente se estipula para un plazo de 5 y 20 años y se fija una tasa de referencia de vientos.

Cuadro 3. Evolución de la Capacidad Instalada en Alemania

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MW	8,754	11,994	14,609	16,629	18,415	20,622	22,247	23,903	16,689	27,214

Fuente: GWEC 2012

Según IVEX (2009) la tecnología eólica en Alemania está determinada por la medidas estatales que apoyan la investigación, el desarrollo, financiación y fomento, resaltando que a partir del año 2000, “retribuciones de alimentación garantizadas legalmente en la Ley de energías renovables (EEG) apoyan la seguridad de planificación para el sector; los generadores de electricidad a partir de fuente eólica obtienen una remuneración garantizada por kWh, que dependerá del emplazamiento de la instalación, con una complementariedad o “bonificación que se recibe a partir de su venta a las redes públicas”.

El interés de las autoridades alemanas para impulsar el sector radica principalmente en disminuir los riesgos de la energía nuclear, y entre sus principales esfuerzos se cuenta con tarifas fijadas por 20 años, a partir del 1 de enero de 2008, tarifa básica fijada en 5,07 centavos de EURO; una tarifa inicial para energía eólica en tierra que fue de 8,03/kWh céntimos de euro y un pago efectuado entre 5 y 20 años, dependiendo del emplazamiento de la instalación, como ya se mencionó; éstas tasas se encuentran sujetas a una reducción nominal anual, establecida en un 2% anual para turbinas nuevas; para la energía eólica marina está fijada en 8,92 cent. EUR, con tarifa básica a 6,07 cent. EUR durante 20 años, con prolongación adicional para aguas más profundas y mayor distancia de la costa (IVEX, 2009).

El Cuadro 4, muestra claramente cuáles son los países con mayor capacidad instalada, entre los cuales están Alemania, Italia, Dinamarca, Estados Unidos, China, India y España; el buen comportamiento se debe a los incentivos que han fortalecido y ayudado al sector a evolucionar y expandirse a un ritmo cada vez mayor.

Cuadro 4 Políticas de promoción para la Energía Eólica (1990 2011)

	Capacidad Instalada Energía Eólica 2011 (MW)	Feed In Tariffs	Subsidios de Capital, Bonificaciones y Subvenciones	Inversiones o Otras Tasas de Credito	Impuesto sobre las ventas, impuesto sobre la energía, reducción del IVA	Inversion Pública, Prestamos o Financiación
Alemania	29,060	✓	✓	✓	✓	✓
Italia	6,747	✓	✓	✓	✓	✓
Dinamarca	3,871	✓	✓	✓	✓	✓
Estados Unidos	46,919	✓	✓	✓	✓	✓
China	62,733	✓	✓	✓	✓	✓
India	16,084	✓	✓	✓	✓	✓
España	21,674	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: KPMG Taxes and Incentives for Renewable Energy

*Tanto para China, como para Estados Unidos, estas políticas solo aplican en algunos estados.

Así mismo, se evidencia que cada uno de los países, presenta un tipo de política diferenciadora, por medio de la cual fomenta el uso de la energía eólica principalmente, algunas de ellas son las primas o Feed in Tariffs, subsidios al capital, tasas de interés asignadas de forma especial a los crédito, reducción de impuestos y facilidad de préstamos o financiación. Sobre lo que se puede concluir entonces, que los países con mayor capacidad instalada para la generación eólica, son aquellos que cuentan con una mayor cantidad de incentivos de diferente índole, y más allá de eso, que este tipo de energía tiene un crecimiento que depende de forma importante de los estímulos económicos que reciba, y que hagan viable su penetración en el sector.

De esto podemos concluir que los países con mayor capacidad instalada cuentan con diferentes tipos de incentivos en diferentes áreas, demostrando así que la energía eólica es un servicio que depende primordialmente de los incentivos para poder crecer y ser viable económicamente.

5. Costo de energía eólica comparada con otras tecnologías

Ningún elemento será tan importante para determinar la relevancia de estos marcos regulatorios como la competitividad alcanzada por el sector, y que presenta una dificultad adicional para el corto plazo, sí como lo menciona Coviello (2003: Pg 18) “El precio será el único factor de comparación por tipo de fuente”, y que según su análisis,

realizado a partir del Costo promedio de Generación (US\$ cents/kWh) y la Inversión promedio (US\$ /Watt), son excedidos por las renovables frente a los fósiles}

Como lo explican (Milligan & Kirby, 2009) la incertidumbre que existe en torno a la generación de energía eólica, derivada de la variabilidad de los vientos puede causar incrementos en los costos del sistema operativo, así como cambios en la cantidad de generación de energía [...] El cálculo preciso de estos costos, constituye un factor importante para hacer la energía eólica comparable de forma equitativa en términos de tecnología, con las demás fuentes alternativas.

La teoría muestra que los modelos desarrollados para la integración de costos de los vientos, han alcanzado cierta madurez en los últimos años; la mayoría de ellos calculan los costos totales de poder del sistema incluyendo y excluyendo los costos de generación de vientos. Esto no siempre es un método suficiente debido a que el valor de la energía eólica, ya incluye esta diferencia, exigiendo alternancia en los horarios, que mitiguen sesgos del valor de la energía y la capacidad de suministro, como se muestra en el trabajo de (Milligan & Kirby, 2009), ya que resulta en un aumento de unidades medias de carácter cíclico, llegando a su máximo, junto con aumento en las reservas de flexibilidad necesarias para el manejo del sistema.

Cuando se realizan análisis sobre costos de la integración de vientos, buscando entender la incertidumbre en el sistema a partir de la variabilidad del viento, se identifican diferentes escalas de tiempo – que según (Milligan & Kirby, 2009) - se encuentran ligadas a las operaciones del sistema, explicadas por etapas como: la regulación, seguimiento de carga y compromiso de unidad, y por último, la programación. La principal dificultad en el manejo de estos análisis de costos, radica en la contabilidad de la energía, que requiere *tiempo de carga* con periodos entre 5 o 10 minutos hasta unas cuantas horas, luego viene el *Compromiso de unidades- periodo de programación*, determinado en función del tiempo y varía entre horas y días, de acuerdo al tipo de generador y características del ciclo; cuando el ciclo de las unidades de generación térmica varían, normalmente se le atribuye a una adición en los niveles de viento sobre la cartera, disminuyendo la eficiencia por unidad, por mayor frecuencia en la rampa.

En el cuadro 5 se presenta un comparativo, que pretende ofrecer una noción sobre los costos de generación de energía eólica, respecto a los costos de otras fuentes de generación.

Cuadro 5. Costes de las tecnologías de generación de energía mundial

Fuente	Costo de Inversión	Costo de Generación	Costo de Generación
	US\$/Kwe	Tasa de Descuento (5%) US\$/MWh	Tasa de Descuento (10%) US\$/MWh
Nuclear	1000-2000	21-31	30-50
Carbón	1000-1500	25-50	35-60
Gas	400-800	37-60	40-63
Eólica	1000-2000	35-95	45-140

Fuente: Foro Nuclear (Foro de la Industria Nuclear Española)

Como se puede observar los rangos establecidos para los costos de inversión y de generación, incluso tras aplicar tasas de descuento del 5 y el 10%, de la energía eólica se encuentran por encima de los costos de las demás fuentes, lo que claramente evidencia, una mayor necesidad de incentivos y beneficios para estimular su penetración en la cadena productiva, del mercado energético mediante múltiples proyectos y normatividades que den soporte sólido a su desarrollo.

Según REN-21 (2012 pág. 65) el número de políticas a favor de respaldar inversiones en energía renovable continuó incrementándose a través del 2011 y a principios del 2012, pero con una tasa más lenta de adopción que en años anteriores. Los gobiernos también continuaron revisando el diseño y aplicación de políticas en respuesta a los avances en las tecnologías disminuyendo costos, precios y cambiando prioridades.

Al mismo tiempo, varios países han llevado a cabo importantes revisiones a la política que se han traducido en un menor apoyo. Algunos cambios se han destinado a mejorar instrumentos existentes y a obtener resultados más específicos mientras las tecnologías sobre energía renovable maduran, y otras como una respuesta a la situación económica y fiscal que están viviendo los países. Sin olvidar, los cambios en costos, que tanto para la solar fotovoltaica, como para eólica ha caído de gran forma, haciéndola muy atractiva para los inversionistas. Los precios de la energía eólica se incrementaron entre 2005-2009, debido a la gran demanda global de turbinas y al alza de los precios del acero. Sin embargo, la reciente disminución de los precios se debe a un exceso de capacidad entre los fabricantes, una mayor competencia y mayor eficiencia, que se han combinado para reducir los costos de las turbinas, incrementar los factores de capacidad y reducir los costos de operación y mantenimiento. La caída en los precios de las turbinas puede ser un reto para los productores de estas, pero es un beneficio para los desarrolladores mediante la mejora de la competitividad-costo de la energía eólica con respecto al gas natural y al carbón.

Los 10 mayores productores de turbinas capturan casi el 80% del mercado mundial. Cuatro de ellos son de China, Cuatro de Europa, uno de India y uno de Estados Unidos. Vestas de Dinamarca ocupa el puesto número 1 en el ranking de los mayores productores, y es seguido por Goldwind de China, GE Wind de Estados Unidos, Gamesa de España, Enercon de Alemania, Suzlon Group de India, Sinovel de China, United Power de China, Siemens Wind Power de Dinamarca y Mingyang de China.

6. Hallazgos y Conclusiones

- La sustitución energética, toma importancia en los 80 y 90s en Colombia, sin consideraciones relevantes, en términos de crecimiento; indudablemente, el gobierno, ha intentado mejorar la estructura regulatoria del sector, pero ha sido insuficiente. Las mejoras en términos institucionales, han evidenciado interés, por desarrollar e implementar de forma definitiva las fuentes renovables dentro de la oferta energética del país, el problema es que tienen enfoque netamente investigativo –sin negar importancia; pero con ausencia de estímulos de carácter práctico –inversión, instalación de maquinaria y tecnología, etc. entendiéndolos limitantes en términos de costos e incluso, desconocimiento de la materia, que hagan propicio el crecimiento de la participación Eólica, dentro de la cesta energética colombiana.
- Los obstáculos para implementación de subsidios a la energía eólica como lo han concluido algunos autores en estudios previos, quedan evidenciados en el Art. 60 de la Ley 143 de 1994, reflejando la neutralidad de la ley eléctrica colombiana en términos tecnológicos, al establecer los siguientes: “El principio de neutralidad exige, dentro de las mismas condiciones, un tratamiento igual para los usuarios, sin discriminaciones diferentes a las derivadas de su condición social o de las condiciones y características técnicas de la prestación del servicio”.
- La regulación para energía eólica es insuficiente, sin desconocer que la Resolución 180919 del año 2010, ha sido una herramienta de gran utilidad, pero sigue sin establecer mecanismos significativos. Cadena et al., (2008) concluyen, que hace falta una propuesta política para este tipo de fuentes en términos de desarrollo, es decir que apunte a la implementación de tecnologías en un término de 10 años, aproximadamente; es importante conocer que en su trabajo, se resalta el carácter complementario a la regulación vigente hoy. Entonces, sería válido asumir que la falta de metas u objetivos, fijados por tipo de energía han sido un limitante importante, sumado a la falta de incentivos de

carácter económico, en los cuales los inversionistas puedan ver materializado dicho esfuerzo.

- Los subsidios en inversión de capital fueron primordiales básicamente al inicio de la implementación de la tecnología eólica en los países ya que los costos de las turbinas y hélices eran muy altos debido a la poca investigación que se había dedicado a esa área. No obstante, como se pudo apreciar en los ejemplos internacionales planteados en el apartado anterior, a medida que los conocimientos se incrementaban y que países, como Dinamarca y Estados Unidos, se convertían en especialistas en desarrollo e implementación de tecnologías, los precios de las turbinas tuvieron una importante reducción, llevando el incentivo a ser inútil, y su consecuente eliminación.
- De acuerdo con las experiencias internacionales, los mecanismos regulatorios que más han sido usados y mayor efecto han tenido en el desarrollo de la energía eólica son los referentes a subsidios para la inversión de capital, *Feed-in-tariffs* y exención de impuestos. Según la LAWEA (2009), Colombia cuenta con una normatividad técnica asociada al montaje y operación de parques “Precaria”, demandando mayor apoyo e iniciativas mayores a las gestadas actualmente.
- El desarrollo de “Sistemas de Primas” en estos países pioneros, ha sido en muchos casos una segunda etapa de incentivos para producción de energía a partir del viento, estos otorgan un valor extra sobre la tarifa de energía establecida, para que productores logren cubrir los altos costos iniciales, además de ser un atractivo adicional para invertir en estas fuentes.
- Partiendo del caso de Estados Unidos, es válido concluir que un ***incentivo para la producción (PTC)*** es muy necesario en esta industria, sin embargo, no solo es importante tenerlo, sino su durabilidad en el largo plazo, puesto que los parques eólicos, requieren de al menos 18 meses para su construcción, por lo tanto un incentivo con vencimiento de corto plazo (entre 10 y 12 meses), genera dudas en el inversionista, respecto de la renovación al periodo siguiente, y como consecuencia, afecta futuras instalaciones de parques eólicos, generando altibajos como los observados en este país.
- Los países con mayor capacidad instalada, cuentan con muchos incentivos para la implementación y generación por medio de fuentes renovables, y es gracias a esto que han alcanzado tal capacidad a nivel mundial. Apoyo de los gobiernos,

es quizá el punto clave de la discusión, abriendo la puerta a la principal falla, evidenciada en Colombia: la falta de incentivos a desarrollos tecnológicos.

- Entre los instrumentos para incentivar generación eólica –o fuentes renovables, se cuentan el portafolio estándar, tarifas mínimas garantizadas y subastas, mecanismos licitatorios; pero en Colombia el marco legal vigente, no permite el uso de ninguno (Ley 143 de 1994). Aunque esta no impone regulación a incentivos para generación por fuentes no tradicionales; mientras la Ley 697 de 2001, declara uso eficiente de la energía como un asunto social, público y de conveniencia nacional; por lo que se podría pensar que si bien no existen regulaciones que directamente propicien la implementación de tecnologías, si existen bases regulatorias para solicitar y/o establecer medidas que promuevan los mecanismos o incentivos mencionados. Siempre considerando, la importancia de enmarcar todo a la realidad económica, política y social local, para ser objetivos y efectivos, en dicho sistema de apoyo.
- Existen evidencias en algunos países, que por ley obligan a las empresas que atienden los consumidores, en el caso de Colombia las comercializadoras, a comprar parte de la electricidad generada a partir de fuentes renovables o específicamente la eólica. En el caso de Colombia la Ley 1215 de 2008, estipula mayores posibilidades para la venta de energía, sin distinción en la tecnología usada para su generación.
- Los incentivos como medida regulatoria de energía eólica, exigen considerar primero su impacto económico, sobre el presupuesto público, experiencias internacionales como la de España, evidencian como las concesiones de primas o tarifas especiales, tienen alguna influencia en la economía nacional y que por ejemplo, frente a una crisis, el beneficio se ve revertido, impactando en términos de costos para el estado, así como para el funcionamiento normal del mercado, en términos de equilibrio y competencia.
- Existe en la guajira, costa atlántica, y otras zonas de Colombia alta viabilidad, que requiere más trabajo en materia de mapas, medición de vientos y disponibilidad de información estadística, para obtener conclusiones técnicas, actualización de mediciones de intensidad de vientos –la última es de 2006, para detectar lugares de vientos fuertes y constantes.

7. Bibliografía

- Altomonte, H; Coviello, M; Lutz, W. (2003) Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y caribe. Restricciones y perspectivas. División de recursos naturales e infraestructura, Naciones Unidas- CEPAL. Santiago de Chile.
- Altomonte, H; Coviello, M y Cuevas, F (2004) "Fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe: Situación y propuestas políticas". CEPAL, conjunto a la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Santiago de Chile, CEPAL.
- Altomonte, H., Coviello, M. y Lutz, W. (2003) "Eficiencia energética y energías renovables en América Latina: restricciones y perspectivas, serie Recursos naturales e infraestructura". N° 65 (LC/L.1997-P), Santiago de Chile, CEPAL, octubre.
- Álvaro Pinilla, Ph.D. (Jun. 13 de 2009) Buenos vientos para energía eólica en Colombia Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Los Andes disponible en <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/buenos-vientos-para-energia-eolica-en-colombia.html>
- American Wind Energy Association. http://www.awea.org/issues/federal_policy/upload/PTC-Fact-Sheet.pdf Consultada el 5 de Septiembre de 2012.
- Andrea Díaz Rincón, (2007). "Identificación y evaluación de un conjunto de medidas para incentivar la penetración de energía renovable en la generación de electricidad en Colombia", Tesis, U. de los Andes.
- Betancur, L. (2009) Energías renovables: marco jurídico en Colombia. Revista Perspectiva - Dossier. Edición N° 21. <http://www.revistaperspectiva.com/archivos/revista/No%2021/069-071%20PERS%20OK>
- Cadena, A; et al. (2008) "Regulación para incentivar las energías alternas y la generación distribuida en Colombia", Universidad de los Andes
- CEPAL <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/4216/indice.htm> Consultada el 14 de Agosto de 2012
- Coviello, M. (2003) Entorno internacional y oportunidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en los países de América Latina y el Caribe; serie Recursos naturales e infraestructura". N° 63,(LC/L.1976-P) Santiago de Chile, CEPAL, octubre.
- Danish Energy Agency "DEA." (1999) Wind power in Denmark "technology, policies and results". September 1999. Disponible en http://193.88.185.141/Graphics/Publicationer/Forsyning_UK/Wind_Power99.pdf
- Diarios Portafolio (2010) "Isagen entró en la era de las energías renovables" Publicado: 23 de marzo de 2010 <http://www.portafolio.co/archivo/documento/CMS-7465048>
- Essmann, Hans et al. (Noviembre 2005) Análisis preparatorio para el suministro de energía sostenible en las islas colombianas San Andrés y Old Providence. Disponible en <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/sanan>

[dres/Informe%20GTZ%20Generacion%20San%20Andres%20-%20Primera%20Parte%20Traduccion%20EEDAS.pdf](http://www.inec.es/Informes/Informe%20GTZ%20Generacion%20San%20Andres%20-%20Primera%20Parte%20Traduccion%20EEDAS.pdf)

- European Comission <http://ec.europa.eu/research/leaflets/energy/es/01.html> Consultada 15 de Agosto de 2012
- Foro de la Industria Nuclear Española <http://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqas-sobre-energia/capitulo-14> visto el 05/09/2012
- IVEX, Instituto Valenciano de Exportación (2009) “Energía renovable en Alemania”. Generalitat Valenciana. Ivex Muncih, Julio.
- Global Wind Energy council (2005) Wind Force12- Blueprint to achieve 12% of the world's electricity from wind power by 2020 http://www.bwea.com/pdf/wind_force12_05.pdf
- Global Wind Energy Council <http://www.gwec.net/index.php?id=121> (Traducción del autor) consultado el 16 de agosto de 2012
- Global Wind Energy Council <http://www.gwec.net/index.php?id=131&L=0%25252525B4%3F80flag%3D> Consultado el 16 de agosto de 2012
- Global Wind Energy Council <http://www.gwec.net/index.php?id=129> (Traducción autor) Consultada el 16 de agosto de 2012
- Gomez, S. (1993) “A systems approach to the design of wind energy electricity generators for small isolated communities”. Ph.D. Thesis, University of Reading.
- Guey-Lee, Louise, (1998) Wind Energy Developments: Incentives In Selected Countries; Energy Information Administration “EIA” disponible en <http://tonto.eia.doe.gov/features/wind.pdf>
- ISAGEN. (2010) Publicación de información relevante - Superintendencia Financiera [http://www.isagen.com.co/informacionRelevante/2010/Parque Eolico Jouktai.pdf](http://www.isagen.com.co/informacionRelevante/2010/Parque_Eolico_Jouktai.pdf)
- KPMG- Taxes and Incentives for Renewable Energy. Consultado en Octubre de 2012. <http://www.kpmg.com/NL/nl/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/PDF/Energy-and-Natural-Resources/Taxes-incentives-renewable-energy-2012.pdf>
- Krohn, S; Morthorst, P; Awerbuch, S. (2012) "The Economics of Wind Energy" European Wind Energy Assosiation. Pg 69-71
- [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Economics of Wind Main Report FINAL-lr.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Economics_of_Wind_Main_Report_FINAL-lr.pdf)
- Laffont,J; Tirol, J. (1993) Theory of incentives procurements and regulation. Publication March 10, 1993.
- Lasheras, Miguel A (1999) “La regulación económica de los servicios publicos” Editorial Ariel –economía S.A. Barcelona.
- López, M. Javier. (2009) “Apoyo público a la energía eólica en España” Revista de derecho Nº 31.: 224-253; Barranquilla, 2009. ISSN: 0121-8697.
- Luengo, M; Oven, M. (2009) Análisis Comparativo del Marco Eléctrico Legal y Regulatorio de EE. UU. y México para la Promoción de la Energía Eólica. PA Government Services Inc., Washington, DC, subsidiaria de PA Consulting Group.

- Mallon, K. (2006). Renewable energy policy and politics. Hand book for decision-making. Edited by: Karl Mallon; USA & UK.
- Milligan, M; Brendan Kirby, B. (2009) Calculating Wind Integration Costs: Separating Wind Energy Value from Integration Cost Impacts. Prepared under Task No. WER95501. National Renewable Energy Laboratory, July.
- Ministerio de minas y energía (2005) "Análisis preparatorio para el suministro de energía sostenible en las islas Colombianas San Andrés y Old Providence". Noviembre.
- Ocampo, S. (26 de Septiembre de 2011) "Isagen generaría energía eólica en 2016" Disponible en http://www.elmundo.com/porta1/noticias/servicios_publicos/isagen_generaria_energia_eolica_en_2016.php, Periódico el Mundo, Colombia
- Pinilla, A. E. (1985) "Wind Powered System in Colombia", Ph.D. Thesis, Sistemas de Energía de 1973-1975
- Pinilla, A. (2008) "El poder del viento. *Wind power*" Revista de ingeniería. n.28 Bogotá jul-dic. 2008, versión impresa ISSN 0121-4993
- Pinilla, A. (2009) "Buenos vientos para energía eólica en Colombia" Agencia de noticias Universidad Nacional de Colombia, Junio 13 de 2009
- Pistonesi, H. (2001) Elementos de teoría económica de la regulación. Aplicación a las industrias energéticas. Instituto de Economía Energética-Fundación Bariloche. San Carlos, Bariloche.
- "Renewable Energy Policy Network for the 21st Century 2012 (REN21)", 05/09/2012, pg.59. En http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf
- "Renewable Energy Policy Network for the 21st Century 2012 (REN21)", 5/09/2012, pg.65. En http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf
- Resolución numero 180919 de (1 junio de 2010) ministerio de minas y energía. Disponible en http://www.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/form_consultar_normas.jsp?parametro=2245&site=18
- Rodríguez, H. (1989). Evaluación del Potencial Eólico de la Costa Atlántica. Barranquilla: PESENCA.
- SECO (2007) "Texas tax code incentives for renewable energy" www.seco.cpa.state.tx.us/re.htm
- SECO (2007) "Texas tax code incentives for renewable energy" www.seco.cpa.state.tx.us/re-incentives-taxcode-statutes.htm
- Síntesis de la legislación de la Unión europea (Consultada 15 de Agosto de 2012) http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_es.htm
- State Energy Conservation Office http://www.seco.cpa.state.tx.us/re_rps-portfolio.htm Consultada el 6 de septiembre de 2012 (Traducción del autor).
- Shugart, W. F. (1990) The organization of industry, Irwin, Boston.

- Stiglitz, Joseph E. (1989) "On the economic Role of the state" en A. Heertje (ed.), The economic role of the state, Brasil Blackwell, oxford, pp. 8-85.
- Stiglitz, Joseph E. (1994) "Whither Socialism?" MIT press.
- Unidad de Planeamiento Minero Energético (UPME). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2006) Atlas de viento y energía eólica en Colombia. Bogotá.
- Universidad Externado de Colombia, realizado para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), (2008) "Propuesta para diseñar el documento marco del programa nacional de uso eficiente y racional de energía (URE) y demás formas de energías no convencionales (PROURE)".
- UPME (2010) Consorcio Energético CORPOEMA. "Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)". Para Unidad de Planeación Minero Energética. Bogotá, Septiembre 06.